Tijdschrift van het

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

DEEL 32 - Nr. 2 1967

Transactors as basic linear active network elements

by A. F. Schwarz *)

Summary

In the past decade various elements have been proposed that may serve as basic elements in the analysis and synthesis of arbitrary linear active networks, both reciprocal and nonreciprocal. Among these, transactors, which in effect are controlled sources, seem to be most powerful. Four-terminal and three-terminal transactors are introduced in this paper. These transactors are used as basic elements for the construction of conventional elementary one-ports and two-ports, namely, positive and negative resistance, transformer, gyrator, negative-immittance converter and negative-immittance inverter. The interrelation of the latter elementary two-ports is illustrated.

The availability of physical devices behaving as a transactor and the realizability of transactors by electronic means are strong arguments to use transactors as basic network elements.

1. Introduction

A main topic in linear active network theory is the search for basic active network elements that can be used in the analysis and synthesis of arbitrary linear active networks, both reciprocal and nonreciprocal. Many basic elements have been proposed in recent years. Percival [1] introduced *graph elements* for the construction of active networks with transformers. A different approach has been given by Mason [2] who employed branch-like elements, namely, the *reciprocal branch,* the *gyristor* and the *unistor*. Keen [3] has introduced the *unitor* as a basic element. Recently, the *nullor* [4] has been proposed as a singular basic network element.

A great disadvantage of these elements is that no suitable direct physical analogues can be found in nature, so that no equivalent circuits can be given to account for physical constraints which inevitably are

*) Technological University of Delft, Department of Electrical Engineering.

imposed on active elements. For this reason, *transactors* [5], which can be considered as idealizations of existing physical devices or circuits, are introduced as basic linear active network elements.

We should note that several authors, among others, Carlin and Youla [6], have introduced the ideal *negative resistance* as a basic linear active network element. However, as will be shown in this paper, the negative resistance can be derived from a transactor. In addition, to synthesize an arbitrary linear active n-port using negative resistances one needs gyrators, which can also be derived from transactors.

From an analytical point of view, a transactor is an ideal two-port, of which the output port comprises a *controlled source* whose voltage or current is controlled proportionally to the controlling voltage or current operating at the input port. An essential feature of this two-port is that the transactor operation is *unilateral,* that is, the input quantity of the two-port controls the output quantity, but not vice versa. This unilateral operation is inherent to conventional electronic devices, such as vacuum tubes and transistors.

In this paper the controlling quantity applied to a port is supposed to be either a voltage or a current delivered by an ideal voltage or current source, respectively. Accordingly, the port under consideration will be said to be *voltage-controlled* or *current-controlled,* respectively.

Controlled sources have been applied for a long time [7]. However, they have not been presented as basic active network elements until recently [5, 8]. At present, transactors have not yet been accepted generally in network theory. It is the purpose of this paper to encourage the use of transactors as basic elements.

Four-terminal and three-terminal transactors will be introduced in this paper. As an illustration, transactors are used for the construction of positive and negative resistances, and the elementary two-ports: transformer, gyrator, negative-immittance converter and negative-immittance inverter. An interrelation of the elementary two-ports will be given.

2. **Transactors**

2.1 *Four-terminal transactors*

Generally, linear two-ports are described by the admittance matrix Y, the impedance matrix Z, a hybrid matrix G or H, or the chain matrix A. The four elements of each of these matrices can be expressed in terms of elements of another matrix. Sign conventions of a two-port will be chosen as indicated in Fig. 1.

In the sequel, two-ports will mainly be described by the chain matrix.



Fig. 1
Two-port

We have

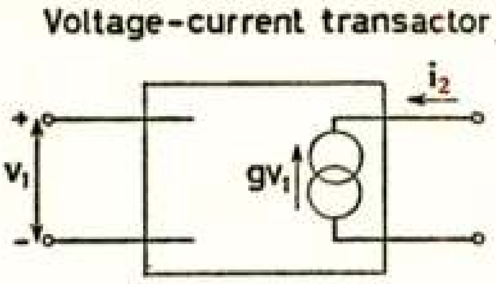
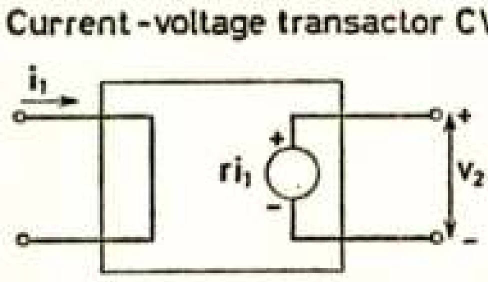
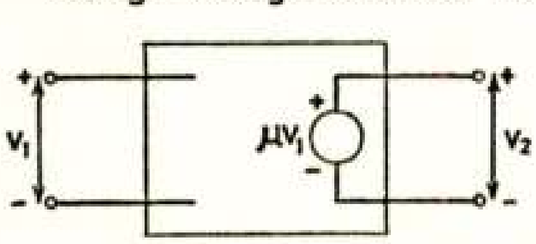
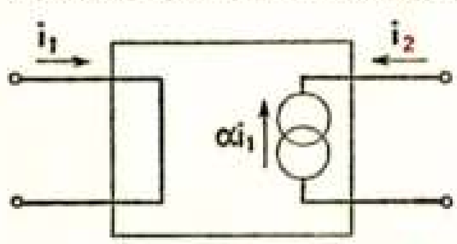
$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ -i_2 \end{bmatrix}. \tag{1}$$

Setting three elements of the chain matrix equal to zero leads to the four possible trancactors,

VCT: voltage-current transactor;
CVT: current-voltage transactor;
VVT: voltage-voltage transactor;
CCT: current-current transactor.

These transactors are summarized in Table 1, which contains, consecutively, the transactor model, its chain matrix, another matrix and the corresponding transfer quantity.

Table 1: Four-terminal transactors

Transactor	Model	Chain matrix	Other matrix	Transfer quantity
Voltage-current transactor VCT		$\begin{bmatrix} 0 & b \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$;	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ y_{21} & 0 \end{bmatrix}$;	$\left.\frac{-i_2}{v_1}\right\vert_{v_2=0} = g = \frac{1}{b} = -y_{21}$
Current-voltage transactor CVT		$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ c & 0 \end{bmatrix}$;	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ z_{21} & 0 \end{bmatrix}$;	$\left.\frac{v_2}{i_1}\right\vert_{i_2=0} = r = \frac{1}{c} = z_{21}$
Voltage-voltage transactor VVT		$\begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$;	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ g_{21} & 0 \end{bmatrix}$;	$\left.\frac{v_2}{v_1}\right\vert_{i_2=0} = \mu = \frac{1}{a} = g_{21}$
Current-current transactor CCT		$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & d \end{bmatrix}$;	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ h_{21} & 0 \end{bmatrix}$;	$\left.\frac{-i_2}{i_1}\right\vert_{v_2=0} = \alpha = \frac{1}{d} = -h_{21}$

The transactors have been represented as *four-terminal* two-ports. The transactor parameters g, r, μ and α are supposed to be real, positive and constant.

Transactors are either voltage-controlled (VCT and VVT) or current-controlled (CVT and CCT). The transactors VCT and CVT may be considered as *basic four-terminal transactors*, since the other two transactors can be constructed by a cascade connection of one VCT and one CVT. We have symbolically

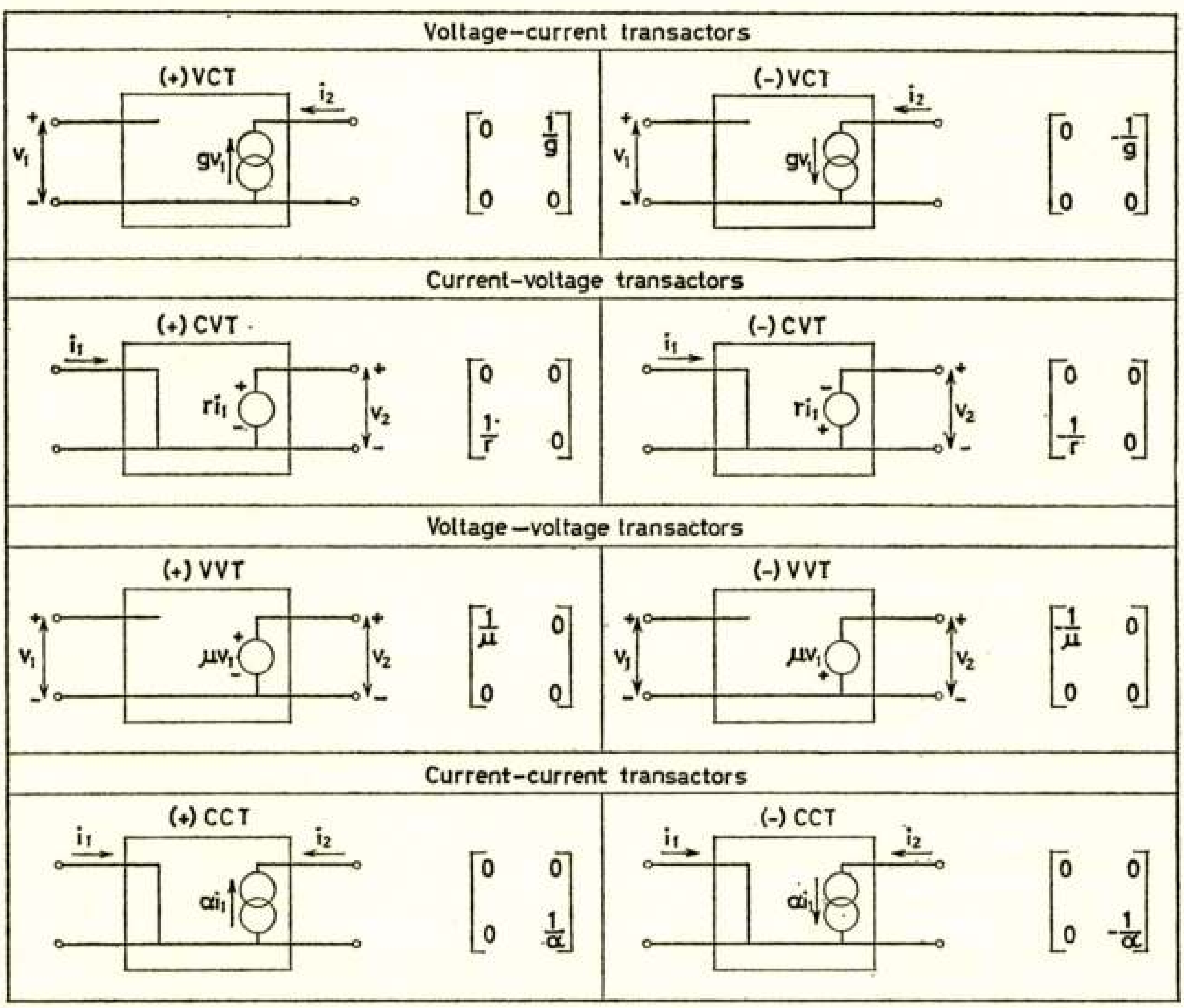
$$\mathrm{VCT} \times \mathrm{CVT} = \mathrm{VVT} \quad (2)$$

$$\mathrm{CVT} \times \mathrm{VCT} = \mathrm{CCT} \quad (3)$$

2.2 *Three-terminal transactors*

The terminal-pairs at the input and the output of the transactors given in Table 1 are floating. In order that the transactors may be associated with existing physical devices, *three-terminal* transactors are introduced where one terminal is common to input and output. Since two choises for the current or voltage source are possible, we have 8 three-terminal transactors. These are collected in Table 2.

Table 2: Three-terminal transactors



As is clear from Table 2, assuming a resistance terminating the output port, a transactor without phase reversal of the output current $-i_2$ or the output voltage v_2 with respect to the input quantity i_1 or v_1, respectively, is indicated by $(+)$, while phase reversal is denoted by $(-)$.

In the chain matrix the latter is expressed by a negative sign prior to the transactor parameter. In the former case, where no phase reversal occurs, the (+) symbol is generally omitted for the sake of simplicity.

The four transactors (+)VCT, (−)VCT, (+)CVT and (−)CVT may be considered as *basic three-terminal transactors.*

2.3 *Properties of transactors*

a. Transactors are ideal linear active two-ports with an input impedance of 0 or ∞, while the output port comprises either an ideal controlled current source or an ideal controlled voltage source. The source current or voltage is proportional to the controlling quantity at the input. The transfer parameters are real and constant, positive or negative, that is, the phase angle between input and output quantity is 0 or π.
b. Transactors are unilateral, since the reverse matrix parameters y_{12}, z_{12}, g_{12} and h_{12} are equal to zero. A transactor two-port can be made non-unilateral, by applying feedback. In Section 3 feedback is applied to construct conventional network elements.
c. Transactors are absolutely stable, that is, stable under arbitrary passive one-port terminations of the ports. This is a desirable feature of basic network elements. A transactor is characterized by only one parameter, namely, g, r, μ or α.
d. Any linear n-port, whether passive or active, reciprocal or nonreciprocal, can be synthesized using only VCT and CVT and one of the ideal passive elements L and C as basic components. This will be made clear in Section 3. When actual n-ports are to be synthesized, it is expedient to employ the passive elements already available, such as R, C, L and the transformer.
e. The principle of duality applies to passive and active networks as well. For instance, a CVT may be regarded as the dual two-port of a VCT. Geometrical methods for finding dual networks are also applicable to active networks containing transactors.
f. Transactors are idealizations of existing physical devices or circuits. In using these physical analogues, one should always be aware for which amplitude range and frequency region the ideal condition as given in a. is approximated. For an adequate description of physical realizations the ideal transactor model must be augmented with additional passive network elements. Transactors are two-ports with four or three terminals according as the physical realization has four or three terminals.

2.4 *Physical transactors*

One of the most significant features of the transactor is that physical analogues, though approximate, are available in nature, so that synthesis of active networks using transactors becomes attractive. These analogues will be referred to as *physical transactors*.

It is natural that the behaviour of a physical transactor deviates from that of the ideal transactor as given in Table 1 and 2. The deviations from the ideal transactor may comprise non-zero matrix elements, implying finite non-zero input and output impedances and the presence of reverse transfer in the transactor. Furthermore, the transactor parameter, g, r, μ or α may be complex rather than real. Anyhow, when a physical transactor is considered, an equivalent circuit can be given. To this end, the model of the ideal transactor, as given in Table 1 or Table 2, must be augmented with passive network elements which take account of the departure from the ideal condition.

Some conventional electronic devices may be regarded as a physical transactor. For example, a vacuum pentode and a field-effect transistor (or a MOS transistor) are good approximations of a (−)VCT in a wide frequency range. A junction transistor in the common-emitter configuration represents the (−)CCT, while a common-base pnpn transistor with a current-amplification factor $\alpha \approx 1$ is an analogue for a (+) CCT. An emitter follower (or cathode follower, or source follower) may be regarded as a VVT with $\mu \approx 1$.

The use of transactors, especially in the synthesis of active networks, suggests a further investigation into the development of devices that approximate a transactor. Too little attention has been paid to this problem. If devices approximating the four-terminal transactors of Table 1 or the eight three-terminal transactors given in Table 2 were available, synthesis of active networks, including negative resistances, would be greatly simplified.

Anyway, any transactor can be realized in the form of a properly designed electronic circuit. A field-effect transistor (or a vacuum pentode) or an emitter follower can serve as a high-impedance input stage. A junction transistor in the common-base configuration can be used as a low-impedance input stage. A low output impedance can be furnished by an emitter follower, while a high-impedance output port can be achieved by a transistor with a high output impedance. By means of feedback techniques the input and output impedances of a two-port can be influenced in such a way that they approach the extreme conditions, zero or infinite impedance, very closely.

The realizability of transactors by electronic means is a strong ar-

gument to use transactors wherever possible.

3. Synthesis of one-ports and two-ports using transactors

3.1 *One-port elements derived from transactors*

We restrict our considerations to the one-port element: resistance (or conductance), whether positive-valued or negative-valued, which can be derived from a transactor. We shall mainly use three-terminal transactors, although four-terminal transactors may be employed as well. When active n-ports are synthesized, the transactors used will be considered to be ideal at the outset. In the actual realization the effect of deviations from the ideal condition may be taken into account afterwards.

If the input port and the output port of a CVT or a (–)CVT are connected in series, a *negative resistance* (Fig. 2) or a *positive resistance* (Fig. 3) is obtained.

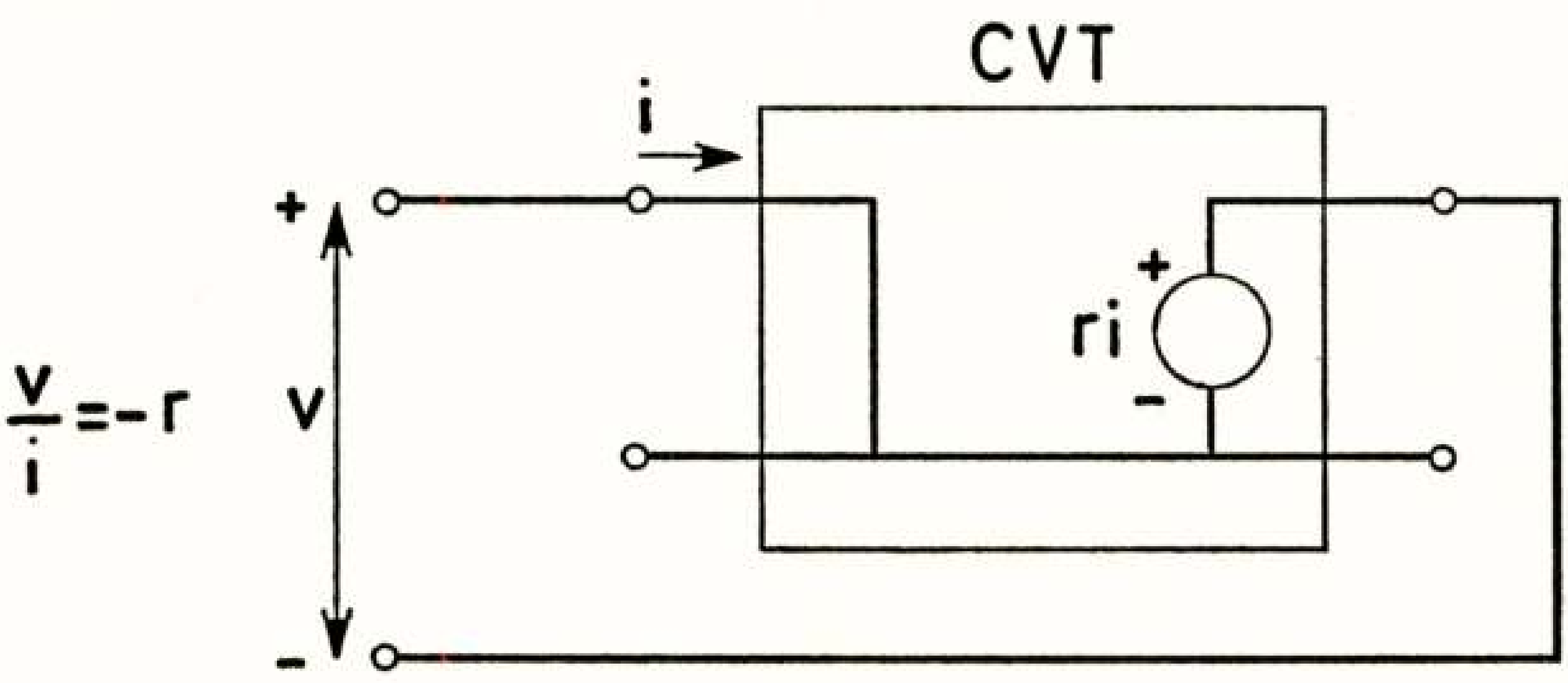


Fig. 2
Negative resistance —r

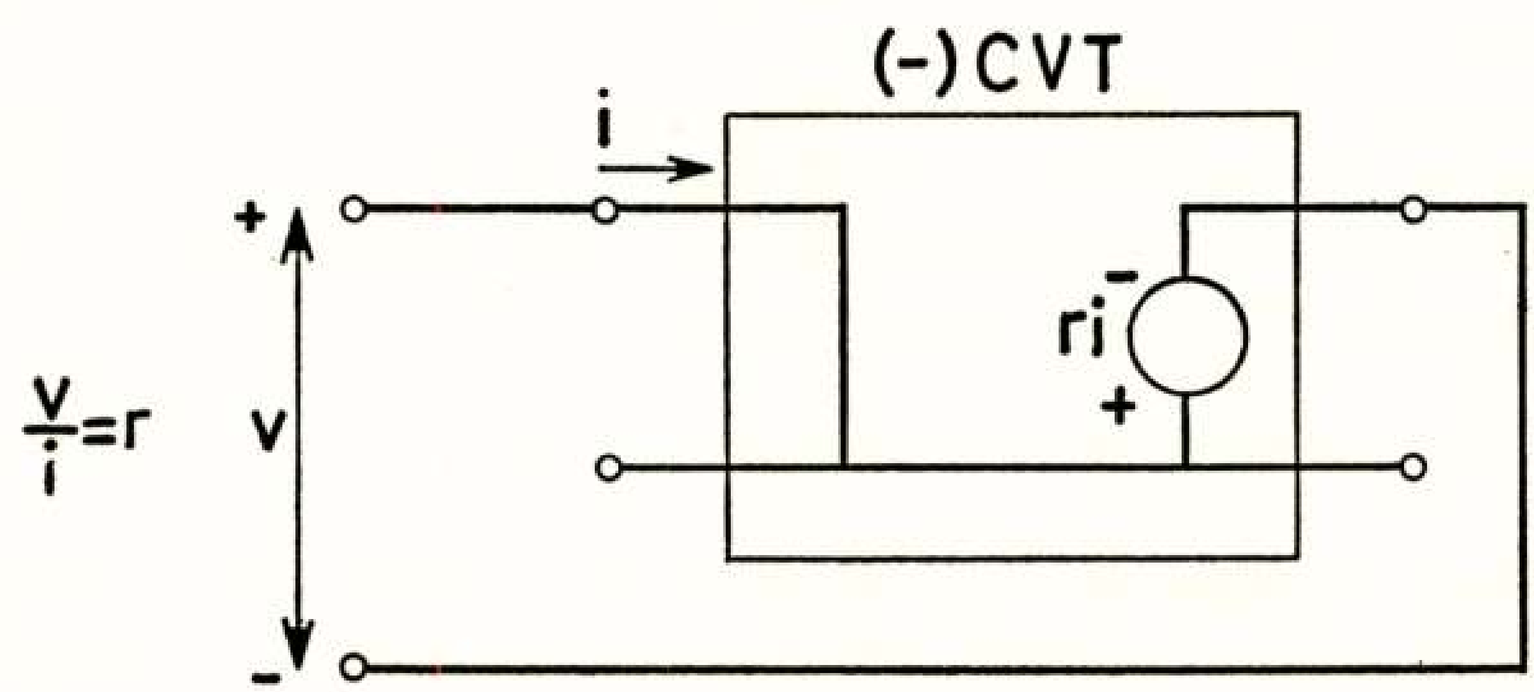


Fig. 3
Positive resistance r

If the input port and the output port of a VCT or a (−)VCT are connected in parallel, a *negative conductance* (Fig. 4) or a *positive conductance* (Fig. 5) arises.

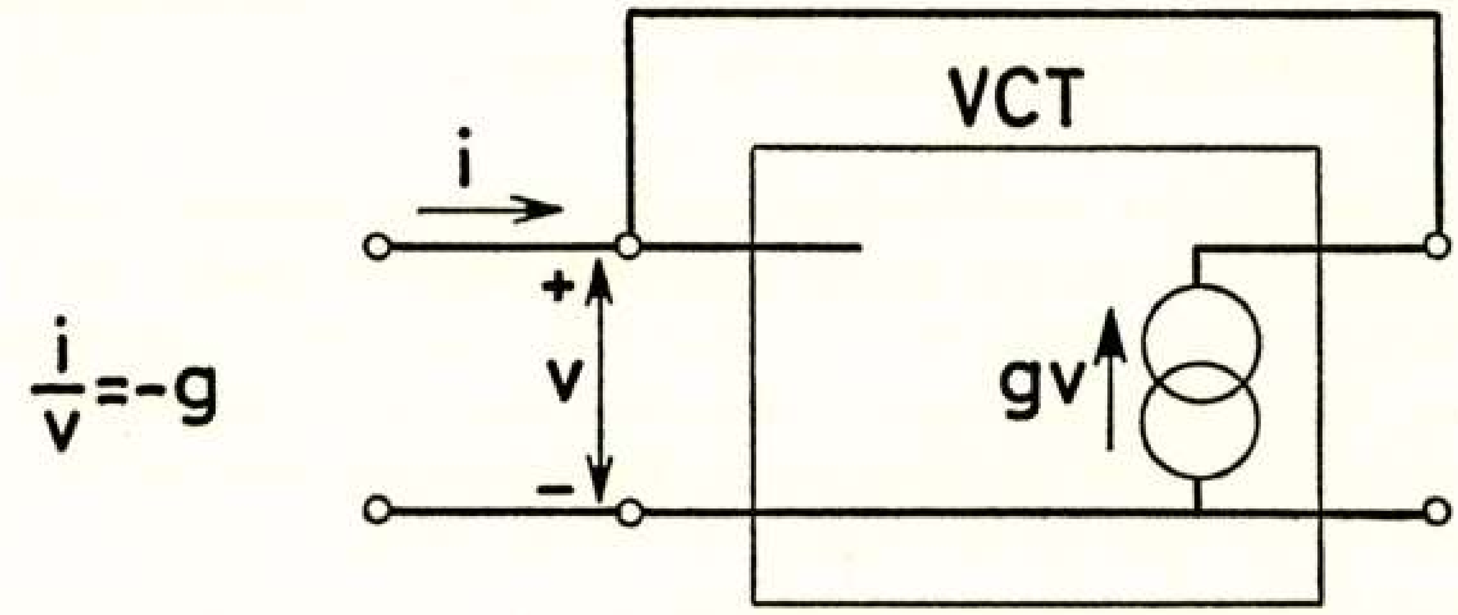


Fig. 4
Negative conductance —g

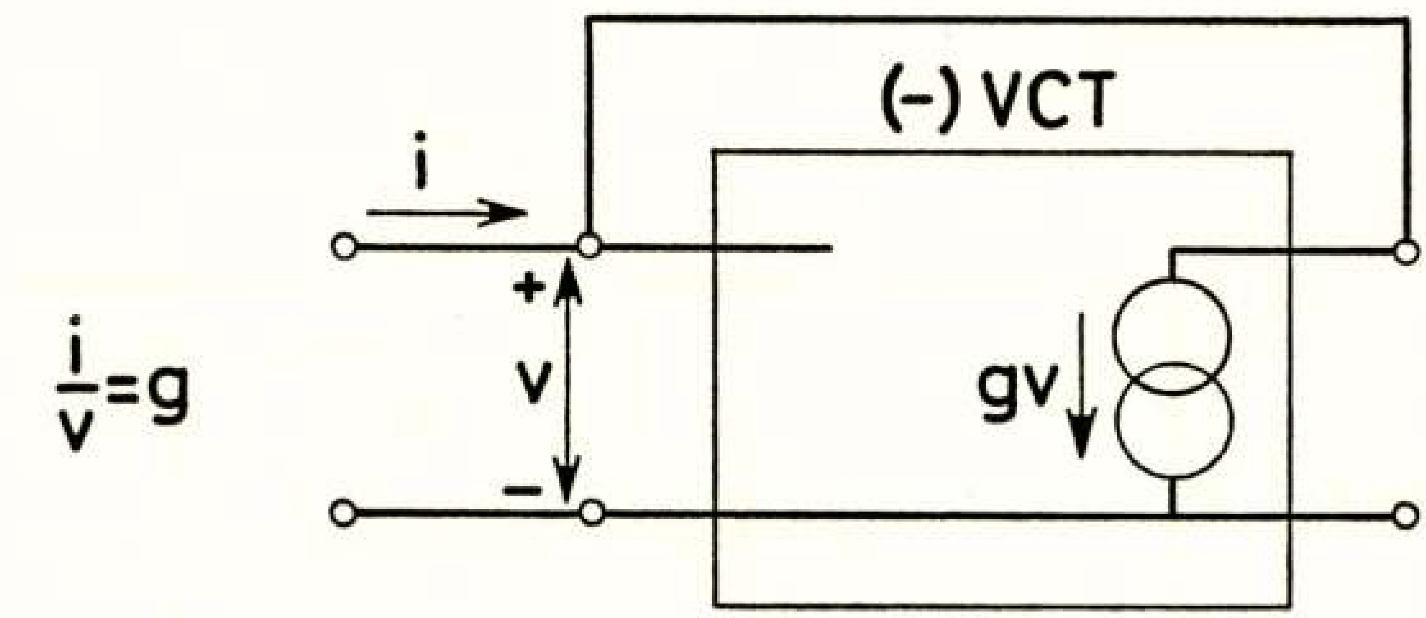


Fig. 5
Positive conductance g

The use of transactors implies that the proper control type, that is, current control or voltage control, is postulated. Particularly, the negative resistance given in Fig. 2 is current-controlled, and the negative conductance given in Fig. 4 is voltage-controlled. This is in agreement with the generally accepted classification of physical negative-resistance elements into two dual classes, namely, current-controlled and voltage-controlled negative-resistance elements.

3.2 *Elementary two-ports derived from transactors*

Four elementary two-ports can be defined, namely, the *transformer* Tf, the *negative-immittance converter* NIC, the *gyrator* Gy and the *negative-immittance inverter* NII.

The transformer and the negative-immittance converter are *converting*

two-ports, i.e., an immittance connected to one port is transformed to the other port as the same immittance multiplied by a constant converting ratio. The NIC performs this transformation with sign reversal. The gyrator and the negative-immittance inverter are *inverting two-ports,* i.e., apart from a constant factor, an immittance connected to one port is transformed to the other port as the inverse immittance. In case of the NII this inverting process is attended with a negative sign.

Typical chain matrices of the above-mentioned elementary two-ports are given in (4),

$$\overset{\text{Tf}}{\begin{bmatrix} \frac{1}{n} & 0 \\ 0 & n \end{bmatrix}}, \quad \overset{\text{NIC}}{\begin{bmatrix} \frac{1}{n} & 0 \\ 0 & -n \end{bmatrix}}, \quad \overset{\text{Gy}}{\begin{bmatrix} 0 & r \\ \frac{1}{r} & 0 \end{bmatrix}}, \quad \overset{\text{NII}}{\begin{bmatrix} 0 & -r \\ \frac{1}{r} & 0 \end{bmatrix}}, \qquad (4)$$

where n is non-dimensional, while r has the dimension of a resistance. The parameters n and r are assumed to be positive. All matrix elements in (4) may be multiplied by -1.

Synthesis of any elementary two-port is possible by employing two transactors operating in opposite transfer directions, as illustrated in

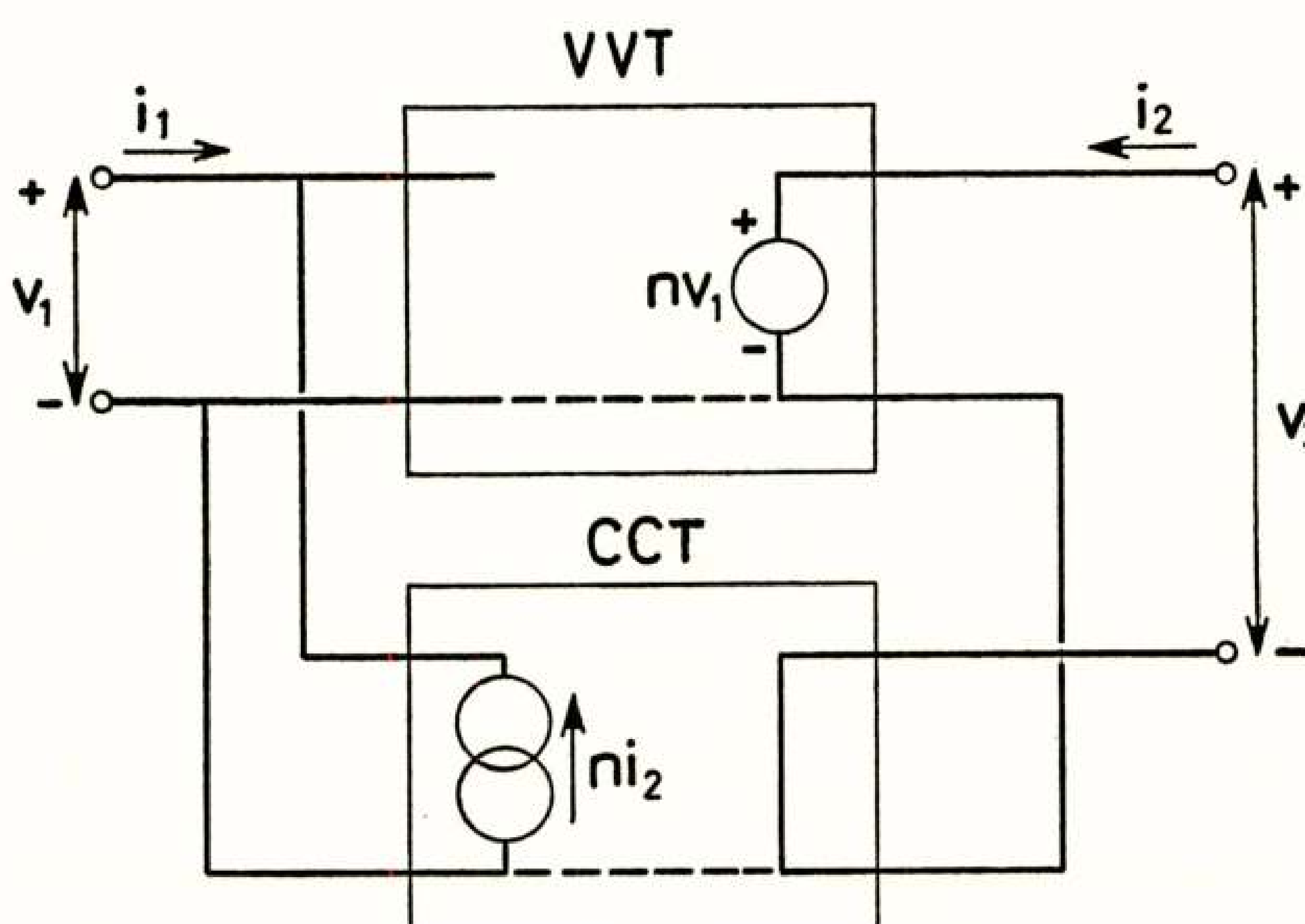


Fig. 6
Transformer with voltage-controlled input and current-controlled output

Figs. 6 and 7. Four-terminal as well as three-terminal transactors may be employed. This is indicated by the dashed lines in the figures.

A transformer can be constructed using one VVT and one CCT (Fig. 6).

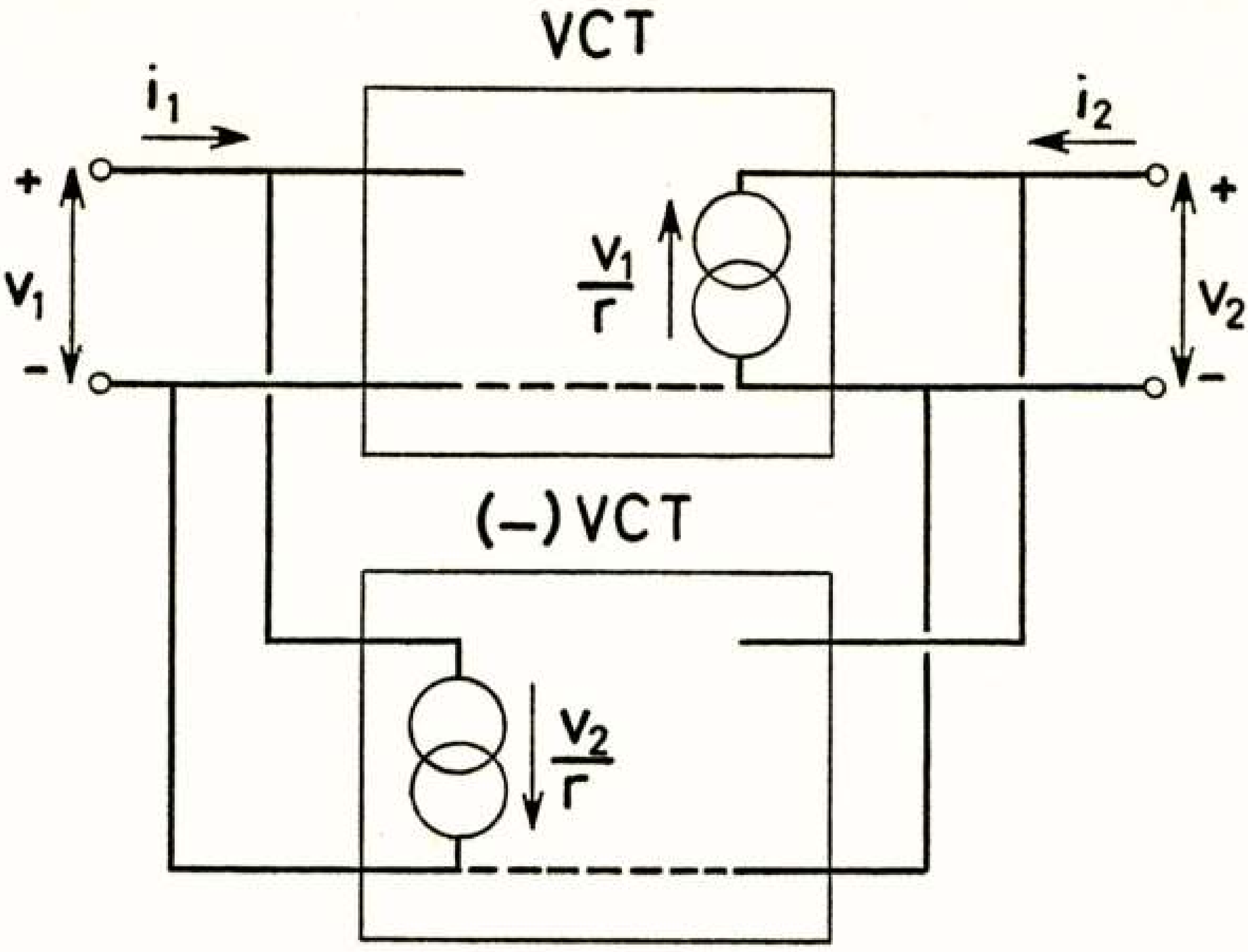


Fig. 7a
Gyrator with voltage-controlled ports

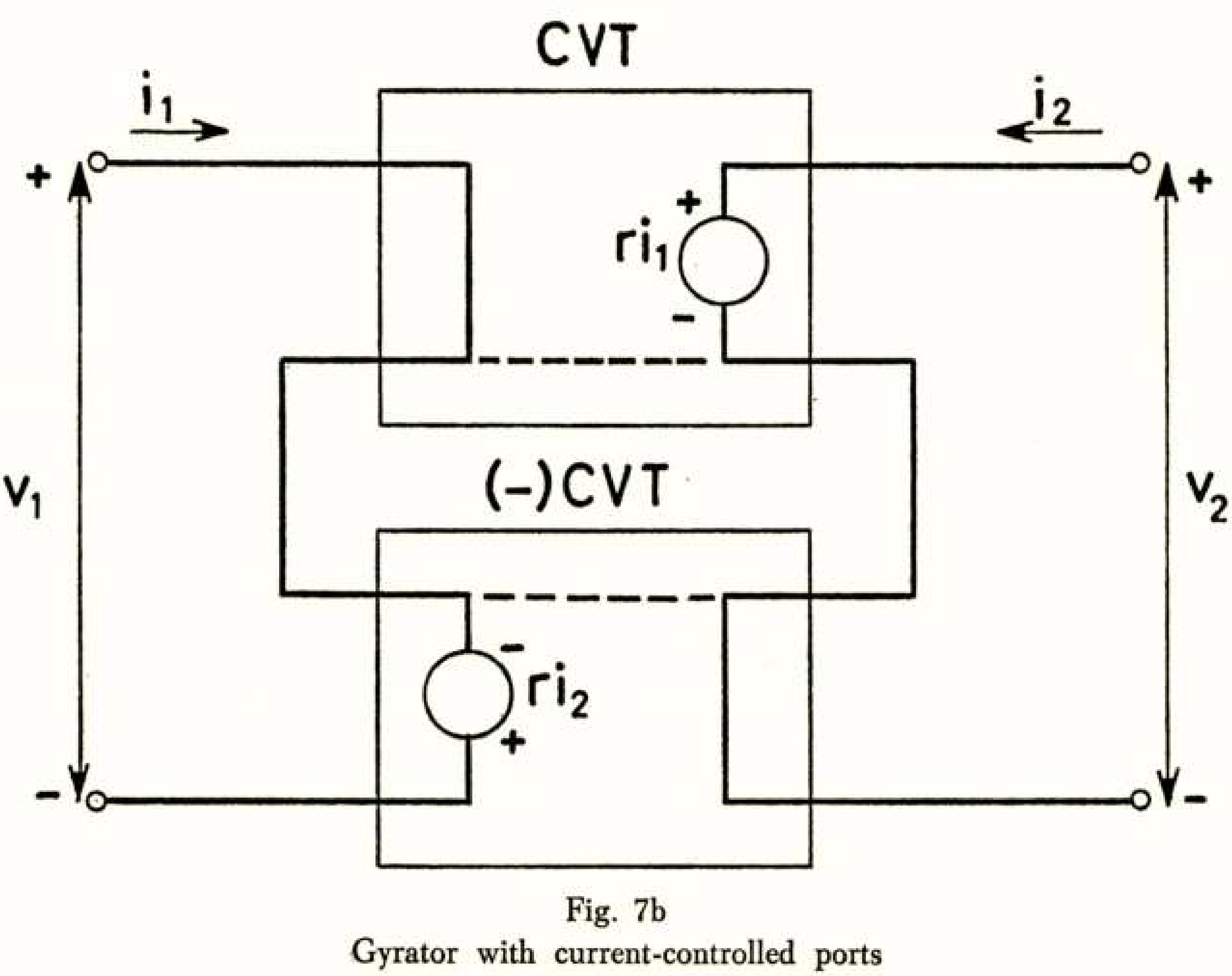


Fig. 7b
Gyrator with current-controlled ports

The controlled sources may be both reversed in sign. A negative-immittance converter will be obtained, if one of the controlled sources in Fig. 6 is reversed in sign.

A gyrator is realized when two VCT or two CVT transactors are connected as shown in Fig. 7. A negative-immittance inverter is obtained, when one of the two controlled sources is reversed in sign.

We note that the proper control type is of necessity at each of the ports of the elementary two-ports obtained above, that is, each port is either current-controlled or voltage-controlled.

When in view of physical realizations the transactor parameters n and r are assumed to be complex, inspection of the passivity condition of linear two-ports [9] reveals that all transactor realizations of elementary two-ports, including the transformer and the gyrator, are *active*, as distinct from the ideal transformer and the ideal gyrator, which are known to be passive.

In the sequel, we shall investigate potential methods of synthesizing elementary two-ports using only three-terminal transactors.

Derivation of Tf and NIC from three-terminal transactors

A three-terminal negative-immittance converter is said to be a *current-inverting NIC* (CNIC), if the currents i_1 and $-i_2$, as given in Fig. 1 with the minus terminals shorted, are in opposite phase and the voltages v_1 and v_2 are in phase. The second matrix given in (4) represents a CNIC. A three-terminal negative-immittance converter is referred to as a *voltage-inverting NIC* (VNIC), if the voltages of the two ports are in opposite phase and the currents are in phase.

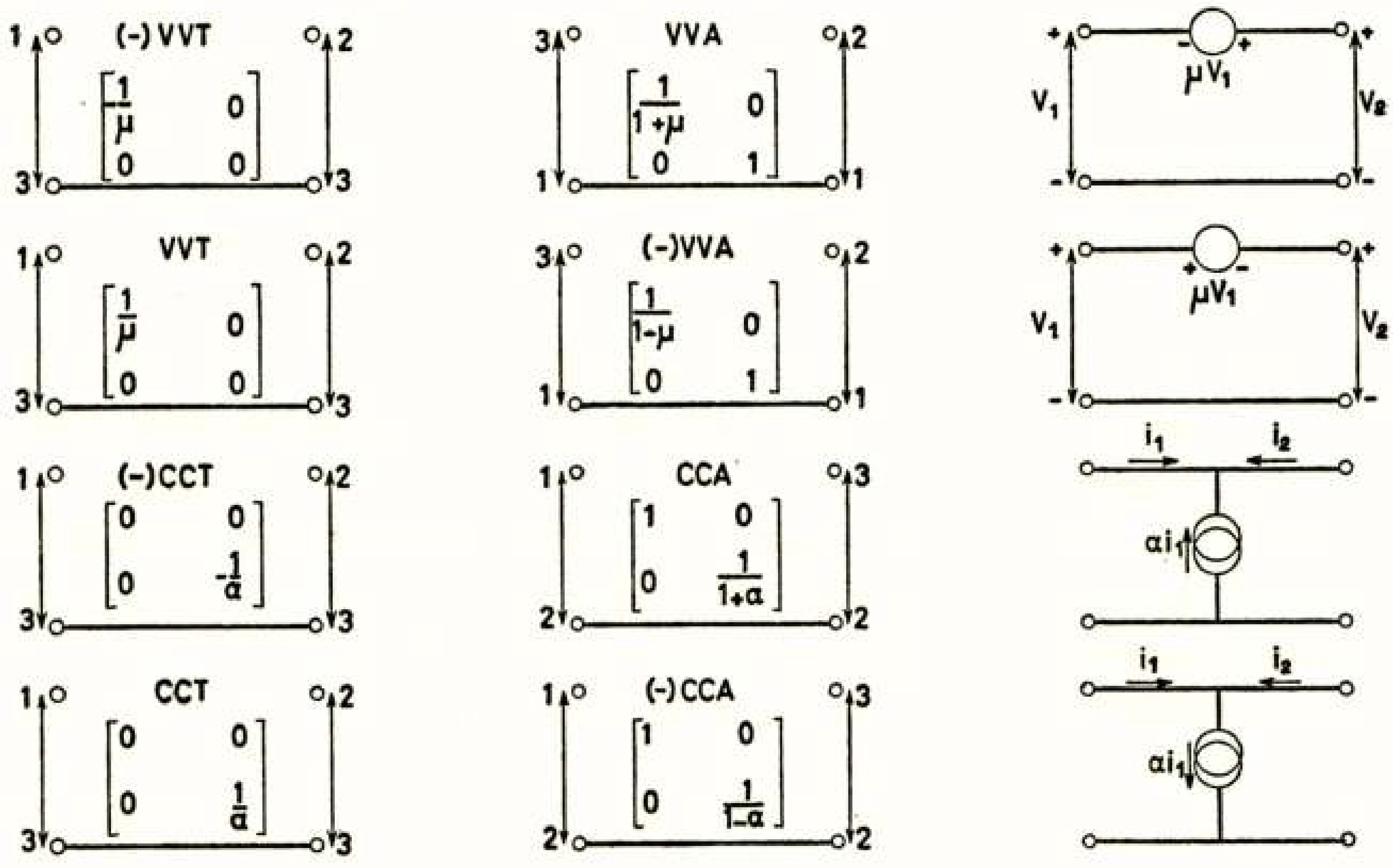
Considering the three-terminal transactors VCT, (–)VCT, CVT and (–)CVT as basic transactors, the construction of more complicated two-ports leading to elementary two-ports will be discussed. A cascade connection of a pair of these basic transactors gives a VVT or a CCT, whether or not with phase reversal, indicated by (–). See Table 3. The transactor parameters g and r are taken to be real, positive constants.

Consider the four transactors in the right-hand column of Table 3 as three-terminal two-ports with terminal 3 common to input and output, as indicated in the first column of Table 4. If these transactors are *rotated*, that is, if the terminal 1 or 2 is selected as the common terminal, useful two-ports arise, which in Table 4 are referred to as *voltage* and *current transducers*: VVA, (–)VVA, CCA and (–)CCA. The capital A stands for "amplifier" or "attenuator".

Table 3: Construction of VVT and CCT, (+) and (-) types

VCT $\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{g} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	VCT x CVT = VVT (-)VCT x (-)CVT = VVT	VVT $\begin{bmatrix} \frac{1}{\mu} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ $\mu = gr$
(-)VCT $\begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{g} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	VCT x (-)CVT = (-)VVT (-)VCT x CVT = (-)VVT	(-)VVT $\begin{bmatrix} -\frac{1}{\mu} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$
CVT $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{1}{r} & 0 \end{bmatrix}$	CVT x VCT = CCT (-)CVT x (-)VCT = CCT	CCT $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\alpha} \end{bmatrix}$ $\alpha = gr$
(-)CVT $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{1}{r} & 0 \end{bmatrix}$	CVT x (-)VCT = (-)CCT (-)CVT x VCT = (-)CCT	(-)CCT $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{\alpha} \end{bmatrix}$

Table 4: Construction of voltage and current transducers



It is seen that a VNIC with a unit-gain voltage and current transfer is obtained by taking $\mu = 2$ in (−)VVA, while a CNIC results by taking $\alpha = 2$ in (−)CCA. Since, in effect, only one transactor is needed in this case, the rotated VVT or CCT may be considered as the simplest realization of a negative-immittance converter.

Cascade connections of the transducers just obtained, yield ideal *power transducers*. According to the power transfer we may distinguish: (+)PA, (−)PA, (±)PA and (∓)PA. See Table 5.

Table 5: Construction of power transducers

VVA $\begin{bmatrix}\frac{1}{1+\mu} & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$	VVA x CCA = CCA x VVA = (+)PA	(+)PA $\begin{bmatrix}\frac{1}{1+\mu} & 0\\ 0 & \frac{1}{1+\alpha}\end{bmatrix}$
(−)VVA $\begin{bmatrix}\frac{1}{1-\mu} & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$	(−)VVA x (−)CCA = (−)CCA x (−)VVA = (−)PA	(−)PA $\begin{bmatrix}\frac{1}{1-\mu} & 0\\ 0 & \frac{1}{1-\alpha}\end{bmatrix}$
CCA $\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & \frac{1}{1+\alpha}\end{bmatrix}$	VVA x (−)CCA = (−)CCA x VVA = (±)PA	(±)PA $\begin{bmatrix}\frac{1}{1+\mu} & 0\\ 0 & \frac{1}{1-\alpha}\end{bmatrix}$
(−)CCA $\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & \frac{1}{1-\alpha}\end{bmatrix}$	(−)VVA x CCA = CCA x (−)VVA = (∓)PA	(∓)PA $\begin{bmatrix}\frac{1}{1-\mu} & 0\\ 0 & \frac{1}{1+\alpha}\end{bmatrix}$

Power transducers are useful since a proper choice of the values of the matrix parameters leads to elementary converting two-ports. If we let μ and α range through positive values from 0 to ∞, the following two-ports arise, when specific values of μ and α are selected.

(+)PA is a power amplifier, that is, the power amplification 1/ad is greater than unity.

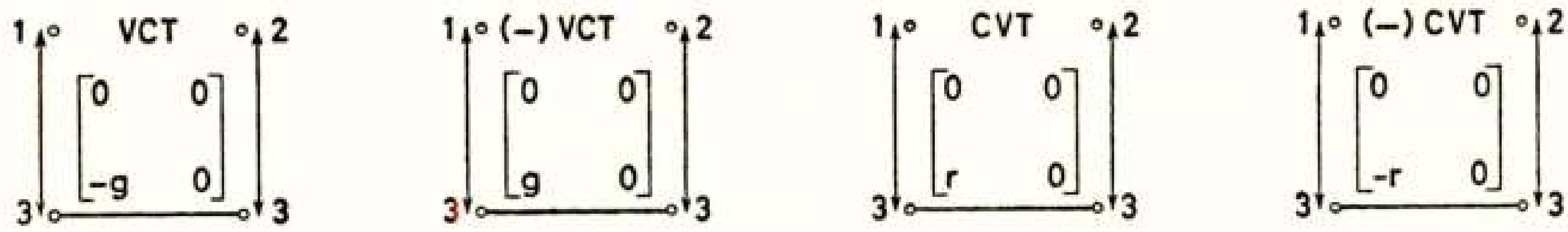
(−)PA is either a power amplifier, a power attenuator (with a power amplification smaller than unity), a transformer with phase reversal, a CNIC, or a VNIC.

(±)PA is either a power amplifier, a power attenuator, a transformer without phase reversal, or a CNIC.

(∓)PA is either a power amplifier, a power attenuator, a transformer without phase reversal, or a VNIC.

Derivation of Gy and NII from three-terminal transactors

We start from the basic three-terminal transactors VCT, (−)VCT, and CVT, (−)CVT, respectively, described by the following admittance or impedance matrices:

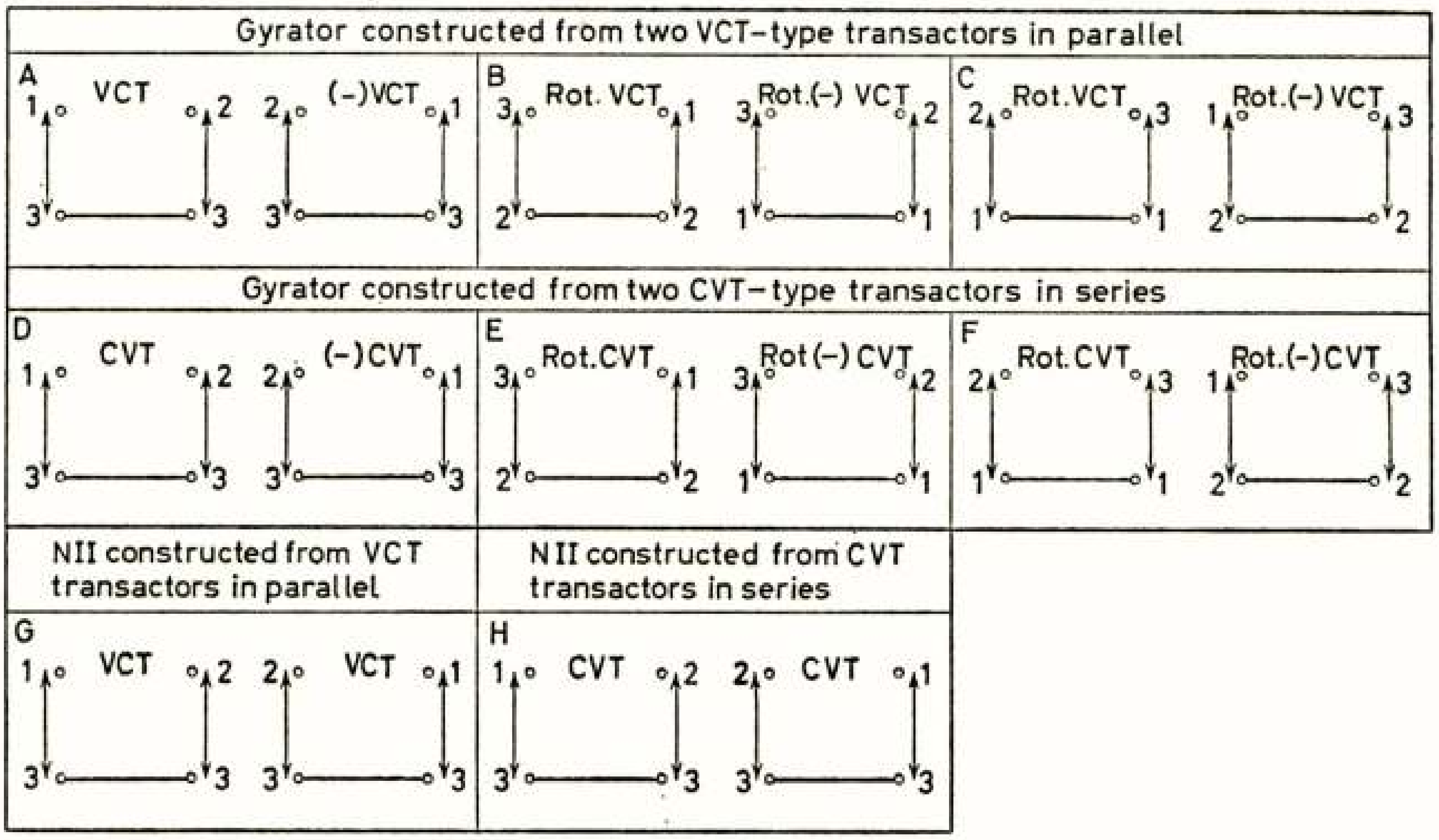


$$\text{VCT}\begin{bmatrix}0 & 0\\ -g & 0\end{bmatrix}\quad (-)\text{VCT}\begin{bmatrix}0 & 0\\ g & 0\end{bmatrix}\quad \text{CVT}\begin{bmatrix}0 & 0\\ r & 0\end{bmatrix}\quad (-)\text{CVT}\begin{bmatrix}0 & 0\\ -r & 0\end{bmatrix}$$

We introduce rotated basic transactors Rot.VCT and Rot.(–)VCT or Rot.CVT and Rot.(–)CVT, obtained by rotating the basic three-terminal transactor, thus changing the common terminal to input and output.

Parallel-parallel connection of two two-ports of the VCT-type or series-series connection of two two-ports of the CVT-type yields an elementary inverting two-port. Table 6 shows which combinations of two two-ports produce a gyrator or a negative-immittance inverter.

Table 6: Synthesis of Gy and NII



The gyrator realizations A and D, and the NII realizations G and H have been indicated earlier in Fig. 7. All VCT-type or CVT-type transactors given in Table 6, may be replaced by (–)VCT-type or (–)CVT-type transactors, respectively, and vice versa.

Inspection reveals that the three-terminal gyrator realizations A, B and C can be derived from each other by rotating the three terminals. We note that the gyrator realizations D, E and F are four-terminal two-ports.

Relations between elementary two-ports

Since positive and negative resistances and all elementary two-ports can be derived from basic four-terminal or three-terminal transactors, it is obvious that any linear active n-port can be synthesized using only basic transactors and one of the two reactive elements L and C.

A cascade connection of two elementary two-ports produces a new elementary two-port. Inspection of all possible cascade connections leads to an interrelation of the four elementary two-ports. In Fig. 8 a diagram

is given showing this interrelation. A specific elementary two-port located at the end of a directed branch can be obtained by a cascade connection of the elementary two-port indicated at the beginning of the branch and the elementary two-port indicated near the arrow symbol.

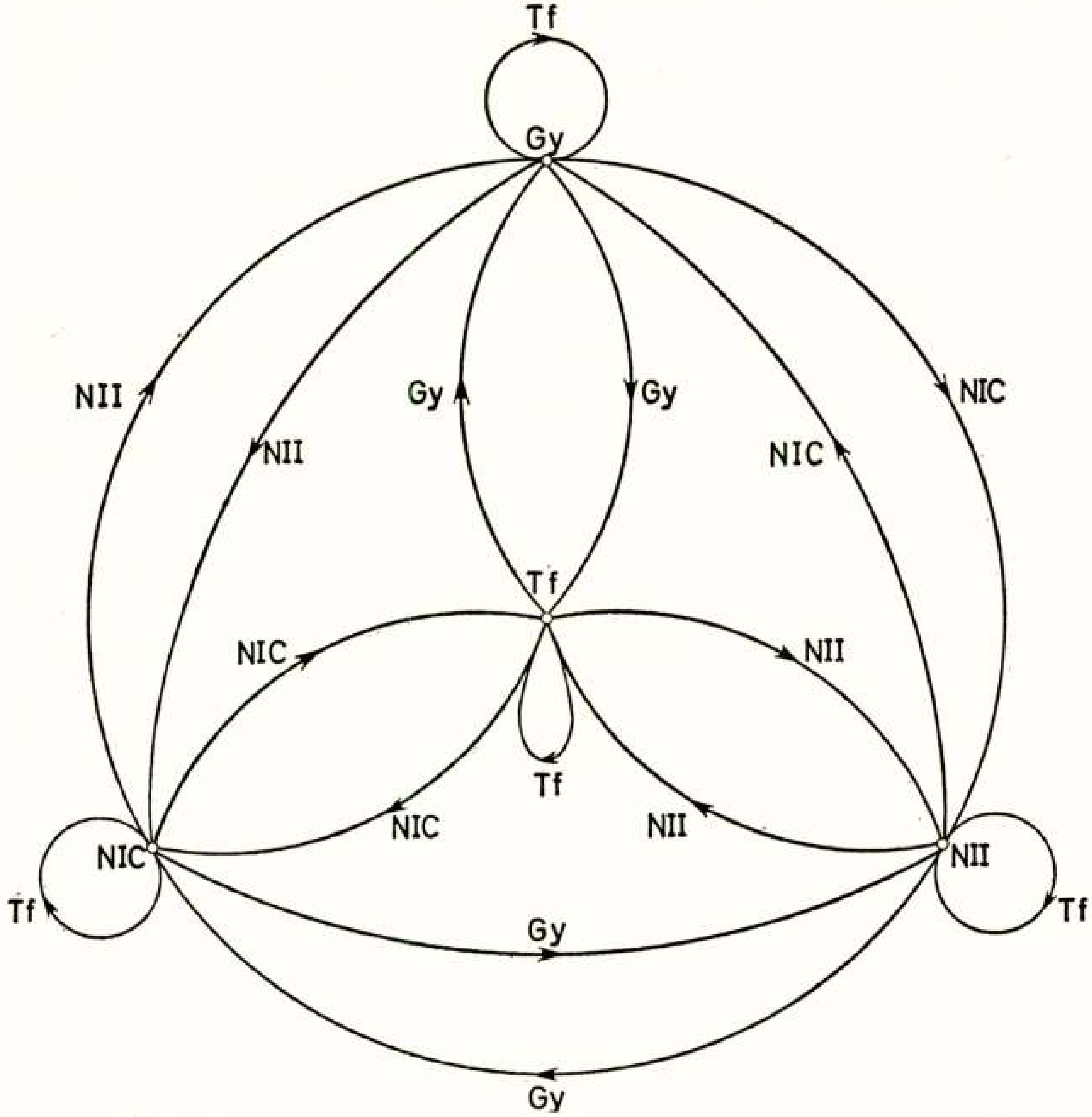


Fig. 8
Interrelation of the four elementary two-ports

Acknowledgement

The author is indebted to Professor B. D. H. Tellegen for his advice and comments in reading the paper.

REFERENCES

[1] W. S. Percival, Graphs of Active Networks. Proc. of the I.E.E. Vol 102, Part C (1955), pp. 270-278.

[2] S. J. Mason, Topological Analysis of Linear Nonreciprocal Networks. Proc. of the IRE. Vol. 45 (June 1957), pp. 829-838.

[3] A. W. Keen, Ideal Three-Terminal Active Networks. Proc. of the Symposium on Active Networks and Feedback Systems, pp. 201-240. New York, April 19, 20, 21, 1960. Microwave Res. Inst. Symp. Series. Vol. X, Polytechnic Press, Brooklyn 1961.

[4] H. J. Carlin, Singular Network Elements. IEEE Trans. on Circuit Theory. Vol. CT-11 (March 1964), pp. 67-72.

[5] G. E. Sharpe, Ideal Active Elements. Jour. of the I.E.E. Vol. 3 (Jan. 1957), pp. 33-34.
G. E. Sharpe, Transactors. Proc. of the IRE. Vol. 45 (May 1957), pp. 692-693.

[6] H. J. Carlin, D. C. Youla, Network Synthesis with Negative Resistors. Proc. of the IRE. Vol. 49 (May 1961), pp. 907-920.

[7] B. D. H. Tellegen, J. Haantjes, Gegenkopplung. Elektrische Nachrichtentechnik. Bd. 15 (Dez. 1938), S. 353-358.

[8] M. Kawakami, Fundamental Considerations on Active Four-Terminal Linear Networks. IRE Trans. on Circuit Theory. Vol. CT-5 (June 1958), pp. 115-121.

[9] B. D. H. Tellegen, E. Klauss, The Parameters of a Passive Four-Pole that May Violate the Reciprocity Relation. Philips Research Reports. Vol. 5 (April 1950), pp. 81-86.
G. Raisbeck, A Definition of Passive Linear Networks in Terms of Time and Energy. Journ. of Applied Physics. Vol. 25 (Dec. 1954), pp. 1510-1514.

Manuscript ontvangen 8 november 1966.

TENTOONSTELLINGEN E.D.

Firato 67

De Firato 67, 15e internationale tentoonstelling van elektronica, zal van 21 september tot en met 1 oktober 1967 worden gehouden in het nieuwe RAI-gebouw te Amsterdam. Tot het expositieprogramma behoren de nieuwste ontwikkelingen in radio's, televisie-apparatuur, elektronische muziekinstrumenten, opname- en afspeelapparatuur. Veel aandacht zal worden geschonken aan kleurentelevisie. Verdere bijzondere evenementen zullen zijn o.a. „Het Elektron", een educatief centrum op elektronisch gebied, alsmede een complete televisiestudio in bedrijf.

WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS

Koninklijke Militaire Academie Breda



Met ingang van 1 januari 1967 is *ir. J. Piket* benoemd als hoogleraar in vaste dienst aan de Koninklijke Militaire Academie te Breda, belast met het onderwijs in de elektrotechniek, met als specialisatie de elektronica en de informatieverwerkende systemen.

Ir. Piket is 6 juni 1911 te Leiden geboren. In 1935 behaalde hij aan de T.H. te Delft het diploma natuurkundig ingenieur.

Van 1935 tot 1940 was hij verbonden aan het Physisch Laboratorium Waalsdorp, ressorterende onder het Ministerie van Defensie. Gedurende de oorlogsjaren was hij gedetacheerd op het Radiolaboratorium der PTT. Na de oorlog keerde hij terug naar het Physisch Laboratorium Waalsdorp, onderdeel van de Rijksverdedigingsorganisatie (RVO-TNO), waar de wederopbouw van dit laboratorium ter hand werd genomen. In 1947 werd hij daar onderdirecteur.

Van 1955 tot 1960 was ir. Piket directeur van „SHAPE Air Defense Technical Center", te Den Haag.

Van 1961 tot 1966 was hij adjunct-directeur der N.V. Informatiesystemen (ISYS) te Den Haag, een bureau, dat adviezen verschaft over samenstelling en toepassing van computersystemen.

Voor ons Genootschap heeft ir. Piket zich grote verdiensten verworven. Tot 1947 heeft hij actief medegewerkt in de examencommissie. In 1947 werd hij gekozen in het bestuur van het NERG en nam hij de functie van secretaris op zich gedurende de periode van 1947 tot 1955. In 1964 werd hij wederom in het besuur gekozen en nam hij de zware en verantwoordelijke taak van voorzitter op zich.

Wij wensen Professor Piket van harte geluk met zijn nieuwe functie en hopen, dat deze hem veel voldoening moge schenken.

Technische Hogeschool Delft

Prof. ir. F. H. Stieltjes, buitengewoon hoogleraar in de Afdeling der Elektrotechniek van de Technische Hogeschool Delft, heeft op 15 februari 1967 zijn ambt aanvaard met het uitspreken van een rede, getiteld: „Elektrotechniek en Natuurwetenschappen".

Technische Hogeschool Eindhoven

Bij Koninklijk Besluit van 20 februari 1967 is *mr. Ph. C. M. van Campen*, algemeen directeur van de Coöperatieve Centrale Boerenleenbank, benoemd tot curator van de Technische Hogeschool Eindhoven. De heer Van Campen volgt in deze functie dr. ir. F. W. van Berckel op, aan wie onlangs in verband met het bereiken van de 70-jarige leeftijd eervol ontslag is verleend.

Op 31 januari 1967 promoveerde aan de T.H.E. tot doctor in de technische wetenschappen *ir. H. Bosma*. De titel van zijn proefschrift was: „On the theory of linear noisy systems". Promotor was prof. dr. ir. A. A. Th. M. van Trier. De promotie geschiedde met lof.

Op 14 februari 1967 promoveerde aan de T.H.E. tot doctor in de technische wetenschappen *ir. C. Weber*. De titel van zijn proefschrift was: „Analogue and digital methods for investigating electronoptical systems". Promotor was prof. dr. H. Groendijk. De promotie geschiedde met lof.

Technische Hogeschool Twente

Op 25 november 1966 heeft *prof. ir. M. P. Breedveld*, conrector van de T.H.T., ter gelegenheid van de vijfde herdenking van de dies natalis van deze Hogeschool, een rede uitgesproken, getiteld: „De witte ingenieur", pleidooi voor systeemoriëntatie in de ingenieursopleiding.

Rijksuniversiteit Groningen

Tot buitengewoon hoogleraar in de Elektrotechniek aan de Rijksuniversiteit te Groningen is benoemd *dr. ir. S. Duinker*, directeur van het Philips Zentrallaboratorium GmbH te Hamburg. Met het uitspreken van een rede, getiteld: „Natuur- en Tuigkunde", heeft prof. Duinker zijn ambt aanvaard.

VARIA

Nu ook in Engeland Hz in plaats van c/s

Volgens de Nederlandse Norm NEN 333 wordt de frequentie aangeduid met hertz, afgekort Hz. Deze aanduiding was internationaal in gebruik, behalve in de Engelse taal, waarin men "cycles per second", af-

gekort c/s, gebruikte. Uit een publicatie van het "British Standards Institution" PD 5686 blijkt, dat men nu ook in het Verenigd Koninkrijk de aanduiding hertz, afgekort Hz, heeft aanvaard. De aanduiding c/s dient daarom voortaan in principe te worden vermeden.

„Intelsat II" verbindt Amerika en Japan

Onlangs is voor het eerst een radioverbinding tussen USA en Japan tot stand gebracht via de satelliet „Intelsat II". Het ligt in het voornemen, in de toekomst deze verbinding drie uren per dag te gebruiken voor kleurentelevisie, telefonie en telegrafie.

International Telecommunication Union (ITU)

Dr. Manohar Balaji Sarwate (India), Secretaris-Generaal van de ITU, is op 19 februari 1967 overleden. De functie van Secretaris-Generaal ad interim van de ITU wordt waargenomen door Mr. Mohamed Ezzedine Mili (Tunesië).

BOEKAANKONDIGINGEN

Geofysica, door prof. dr. J. Veldkamp. 442 blz., 112 fig. Uitg. Het Spectrum N.V., Aula-boeken, Utrecht/Antwerpen. 1965. Prijs *f* 5,90.

Handbook of Basic Transistor Circuits and Measurements, door R. D. Thornton and others. 156 blz., vele figuren. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1966. Prijs 34 s.

BOEKBESPREKINGEN

Nachrichtenübertragung, unter Mitarbeit zahlreicher Fachleute herausgegeben von E. Hölzler und D. Thierbach. XVI + 931 blz., 417 fig. Uitg. Springer-Verlag, Berlin. 1966. Prijs DM 88,–.

Eindelijk een boek dat de informatietransmissietechniek als één geheel behandelt en daarmede afrekent met de opvatting dat lijn- en radiotransmissie tot verschillende „sferen" behoren. Een boek waarin vele praktische aktuele zaken op het gebied van het massatransport van informatie die òf niet òf verspreid in de litteratuur voorkomen, nu in boekvorm verschijnen. Terecht, daar in de huidige informatietransmissiepraktijk nòch naar frequentiegebieden nòch naar grondslagen een scheiding van de overdracht van al of niet geleide elektromagnetische golven een zinvolle mogelijkheid biedt. Het boek houdt volgens het voorwoord het midden tussen leer- en handboek, maar ligt naar het oordeel van uw recensent dichter bij het begrip handboek. Dit wordt mede veroorzaakt door het gekozen systeem van een groot aantal auteurs – 29 in getal – die aan de totstandkoming van dit reuzenwerk van in totaal 931 bladzijden hebben medegewerkt.

De indeling in een deel A met grondslagen: transmissiemethoden, modulatie, kabels, luchtlijnen, golfpijpen, voortplanting van radiogolven, antennes, systeem- en netplanning, en een deel B met beschrijvingen van uitgevoerde systemen, laagfrequentie-apparatuur, telegrafie- en datatransmissie, versterkers en toebehoren voor kabels en luchtlijnen, straalverbindingen, kortegolfverbindingen, verkeersradio, informatiecircuits via satellieten, ondersteunt de eenheidsgedachte van radio- en lijntransmissie. De verbrokkeling van de stof over 29 specialisten-auteurs doet echter weer afbreuk aan deze eenheid. Zo wordt, om een enkel voorbeeld te noemen, noodzaak en doel van modulatie uitsluitend geargumenteerd uit een oogpunt van lijntransmissie (blz. 52 en 53). Ook lijdt de leesbaarheid van dit boek voor niet-experts schade doordat nogal eens een goede uitleg van principiële komponenten als antennes en transmissielijnen wordt opgeofferd aan het verlangen binnen het bestek van een aantal bladzijden volledig te zijn: een echte handboekgedachte. Deze goede uitleg wordt dan vervangen door een beknopte niet erg bevredigende explicatie. Zo worden bijvoorbeeld de straling van de gevouwen dipool (blz. 199) en de voortplanting van elektromagnetische golven in de rechthoekige golfpijp (blz. 148) op een voor dit boek niet acceptabel niveau afgedaan. De behandeling van filters ontbreekt, zonder dat daarvan in het voorwoord verantwoording wordt afgelegd.

Tenslotte draagt deel B voor een onder zo algemene titel uitgegeven boek een wat sterk firma-karakter.

Overigens wil uw recensent onder deze kritische opmerkingen niet verbergen dat hij persoonlijk zeer in zijn schik is met de verschijning van dit werk, dat in ieder geval voor de ingewijde, in het informatie-transmissie-vakgebied werkzame ingenieur, en ook voor afstuderenden in dit vakgebied een bijzonder volledig overzicht geeft, terwijl toch veel meer explicatie is opgenomen dan in een handboek kan worden gegeven. Zelf zal hij ongetwijfeld een frequent en vruchtbaar „naslaggebruik" van dit boek maken.

J. L. B.

Principles of aerial design, door H. Page. 172 blz., 96 fig., 6 platen. Uitg. Iliffe Books Ltd., London. 1966. Prijs 50 s.

Het boekje "Principles of Aerial Design" kan beschouwd worden als eerste, doch fundamentele, inleiding op het probleem dat in de titel tot uitdrukking komt. Uitgaande van de wetten van Maxwell wordt in het bijzonder aandacht besteed aan de problemen welke met de lineaire antenne – beter: de lijnvormige antenne – samenhangen. Aan de „apertuur"-antenne wordt, althans wat betreft de theoretische beschouwingen, belangrijk minder aandacht besteed. Het is echter nuttig zich te realiseren, dat vele problemen die zich bij apertuurantennes voordoen kunnen worden teruggebracht tot die van de lineaire antenne.

Ongeveer de helft van de tekst is gewijd aan fundamentele principes en de benadering is, uiteraard, wiskundig; in het andere deel wordt een groot aantal antennetypen beschouwend beschreven, waarbij blijkt dat de heer Page, ingenieur van de B.B.C. en docent aan het Imperial College te Londen, over een bijzonder grote ervaring beschikt.

De inhoud van het boek is gebaseerd op materiaal dat gebruikt werd in een cursus voor het „Post-Graduate Department of Imperial College, London". In het bijzonder voor studenten en uiteraard ook voor andere belangstellenden, die naast collegediktaten behoefte hebben aan een uitvoeriger inleiding in de fundamentele principes, die aan de antennetheorie ten grondslag liggen, kan het uitstekend geschreven boek van veel waarde zijn.

B. v. D.

Audio Systems, door J. L. Bernstein. 409 blz., vele figuren. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1966. Prijs gebonden 60 s, paperback 34 s.

Een goed leesbaar boek, dat behoorlijk volledig en duidelijk (slechts zelden ten koste van de exactheid) met veel voorbeelden en opgaven (met oplossingen) de nodige informatie over audiosystemen en alles wat daarbij hoort, bevat.

Na een inleiding van 53 blz. over in audio- en transmissietechnieken veel gebruikte termen, als: signaalontleding, ruis, vervorming, decibels en volume-eenheden (Vu-meter), volgt een nogal uitgebreide verhandeling over verzwakkers, meng- en verdeelsystemen (122 blz.), vervolgens versterkersystemen (buizen- en transistorversterkers) (96 blz.), registratiesystemen (52 blz.), equalizers (44 blz.) en audio-transduktors met o.a. luidsprekers en microfoontypes (58 blz.).

De theoretische en praktische wetenswaardigheden, die dit boek verschaft, zijn op middelbaar niveau, maar kunnen door de prettige presentatie ook toegankelijk genoemd worden voor onderlegde, leergierige amateurs.

J. M. H. M. C.

Microwave Valves, door C. H. Dix and W. H. Aldous. 269 blz., 200 fig. Uitg. Iliffe Books Ltd., London. 1966. Prijs 55 s.

Dit boek is geschreven met de bedoeling om gebruikt te worden door ingenieurs en technici, die niet gespecialiseerd zijn in microgolfbuizen, maar die deze buizen willen gebruiken en begrijpen. Om deze reden geeft dit boek een snel te begrijpen hoeveelheid van de physische grondslagen en de basisbeginselen van de microgolfbuizen met alleen het benodigde minimum aan wiskunde.

De eerste hoofdstukken geven een fundamentele benadering van het onderwerp, beginnend met een beschrijving van de beweging van elektronen in elektrische en magnetische velden en de karakteristieken, die hierbij worden gebruikt. Daarna volgt een kleine verzameling van laag- en hoogfrequent buizen en hun werking bij hoge frequenties en in het microgolfgebied.

Een hoofdstuk gaat over golven en elektronenbundels, gevolgd door de voornaamste hoofdstukken met de werking, constructie en toepassingen van elektronenbundel-ontwerpen met zowel lineaire als gekruiste velden. Andere onderwerpen zijn: de generatie en focusering van elektronenbundels, ruis en parametrische versterking.

Aan het eind van ieder hoofdstuk is een literatuuropgave te vinden.

M. A.

Electron Tubes, door R. G. Kloeffler. 262 blz., vele figuren. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1966. Prijs 45 s.

Als inleiding tot verdere studie van elektronenbuizen is dit boek bedoeld voor technische opleidingen en voor-kandidaatsstudenten. Het bevat de constructie, de theoretische werking en de karakteristieken van zowel vacuum- als gasgevulde elektronenbuizen. Ook worden equivalente schakelingen voor gelijkrichters en versterkers afgeleid. Aan het eind van ieder hoofdstuk is een serie goed gekozen vraagstukken opgenomen.

De schrijver is er in geslaagd te voldoen aan de eisen van degenen voor wie het boek bedoeld is. Dit komt duidelijk uit in de methode van behandeling, de gevolgtrekkingen uit grafische analyses met daarnaast de analytische afleidingen en de grote verscheidenheid aan vraagstukken.

Er zijn echter te weinig verwijzingen naar equivalente halfgeleiderontwerpen om de studenten vertrouwd te maken met de begrippen van de zo belangrijke en steeds groeiende groep van halfgeleiders. Het zou de moeite waard geweest zijn als er meer in deze richting was gewezen.

M. A.

Luidsprekerinstallaties voor zelfbouw, door W. van Bussel. 188 blz., 149 fig. Uitg. Æ. E. Kluwer, Deventer. 1967. Prijs *f* 9,75.

Wie zelf zijn luidsprekerinstallatie wil bouwen, vindt hier op verantwoorde wijze in voor ieder verstaanbare taal alle gewenste gegevens. Ook wie met kennis van zaken een goede installatie wil kopen, kan lezing van dit boekje worden aanbevolen.

W.

PERSONALIA

Dr. J. Haantjes is benoemd tot directeur voor kleurentelevisiebeleid van het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips' gloeilampenfabrieken, in het bijzonder wat betreft de technische betrekkingen met overheid en omroeporganisaties in binnen- en buitenland.

Dr. H. Bruining is benoemd tot directeur van ditzelfde Laboratorium voor coördinatie van de laboratoria buiten Nederland, in het bijzonder wat betreft hun relaties met hoofdindustriegroepen.

UIT HET N.E.R.G.

Werkvergadering

Op 26 oktober 1966 is een gemeenschappelijke vergadering gehouden van het Nederlands Rekenmachine Genoctschap en het N.E.R.G. in het Dr. Neher Laboratorium te Leidschendam, met als onderwerp: *Digitale besturing van antennes*. Van de twee gehouden voordrachten volgt hier een samenvatting.

Ir. E. J. Nijenhuis (DNL, Leidschendam), Het volgen van satellieten of andere radiobronnen; ervaringen verzameld met een antenne in Nederhorst den Berg.

Op het Dr. Neher Laboratorium van de P.T.T. is een stuurautomaat ontwikkeld, die in staat is een parabolische antenne elke gewenste, te voren op een ponsband vastgelegde, beweging te laten uitvoeren. De stuurautomaat is bedoeld zowel voor het volgen van snel bewegende objecten, zoals kunstmatige satellieten, als voor waarnemingen aan langzaam bewegende objecten, zoals de zon en radiopuntbronnen.

De stuurautomaat geeft stuurinformatie aan elektromotoren, die de antenne aandrijven, en ontvangt de informatie betreffende de positie van de antenne van „angle resolvers". De automaat bevat geen ingebouwd programma; de volgorde van de uit te voeren elementaire processen wordt volledig bepaald door de informatie op een vijf kanalen-ponsband. Vier van de vijf kanalen bevatten de numerieke informatie, terwijl de informatie van het vijfde kanaal wordt opgenomen in een schuifregister met een lengte van vier bits, dat de rol speelt van een instructieregister. De laatste drie bits van een instructie zijn dus steeds gelijk aan de eerste drie bits van de voorafgaande instructie. Hierdoor ontstaat een beperking in de mogelijke volgorden van de instructies. Dit is echter geen bezwaar: het blijkt mogelijk door juiste codering van de instructies te bereiken, dat alle zinvolle volgorden realiseerbaar zijn. Door deze opzet is het systeem zeer eenvoudig en flexibel.

De stuurinformatie van de digitaal werkende automaat wordt via een digitaal-analoog omzetter toegevoerd aan een servosysteem. De aan het servosysteem te stellen eisen werden belangrijk verlicht door gebruik te maken van het feit, dat de „toekomst" van de uit te voeren beweging reeds bekend en op de band aanwezig is. De invloed van traagheden en looptijden kon hierdoor gemakkelijk worden vereffend.

De vrij eenvoudige automaat is in staat de antenne alle gewenste bewegingen te laten uitvoeren met maximale snelheden van 3,75°/sec. en met een nauwkeurigheid van ongeveer 0,1°.

Ir. J. F. Klinkhamer (Nat. Lab. Philips, Waalre), De opbouw van een radio-astronomisch beeld met behulp van een computer; studie voor de nieuwe radiotelescoop van Westerbork.

Gesproken is over het toepassen van een kleine on-line computer in de nieuwe radiotelescoop, welke onder auspiciën van de „Nederlandse Stichting Radio Straling Zon en Melkweg" te Westerbork wordt gebouwd.

De computer wordt gebruikt:

a) om de meetpunten van de installatie regelmatig uit te lezen en te registreren;

b) om de gemeten informatie te comprimeren;

c) om een aantal l.f. draaggolven met variabele frequentie te genereren, welke worden gebruikt voor „Fringe Stopping";

d) om regelmatig de elektrische lengte van een aantal vertragingslijnen in te stellen.

Buiten deze hoofdtaken kan de computer nog voor ijk- en bewakingsdoeleinden worden gebruikt.

De telescoop bestaat uit een 1600 m lange lineaire array van 12 draaibare parabool-antennes. Het eindresultaat van een observatie is een beeld van de intensiteitsverdeling binnen een cirkelvormig „gezichtsveld" met een schijnbare diameter van ca. ½° voor de hoofdbundel der individuele parabolen. Het oplossend vermogen van het beeld is ca. ½'.

Hiertoe moeten gedurende ca. 5 nachten ca. 10^6 metingen per nacht worden uitgevoerd. De computer moet in staat zijn de metingen voor 50 beelden simultaan te verwerken teneinde de mogelijkheid in reserve te houden, het materiaal voor een groot aantal monochromatische beelden van hetzelfde gebied gelijktijdig op te nemen. Dit vergt ca. 200 metingen/sec. De metingen kunnen per meetpunt in series van 10 worden geaccumuleerd, waardoor informatiereductie tot 1/10 mogelijk is. Door combinatie van deze accumulatie door de computer met integratie door middel van RC-leden (tijdconstante $\approx$ 10 sec) wordt per 90 sec per meetpunt een gewogen tijdintegraal van een gewenste beeldcomponent opgeleverd. De resulterende meetwaarden worden op magneetband geregistreerd en kunnen elders door een Fouriertransformatie tot het gevraagde beeld leiden.

De draaiing der aarde geeft een continue wijziging van de hoek tussen de antenne-array en de ingevangen straling. Dit geeft – behalve het

gunstige effect dat met één lineaire array alle benodigde Fouriercomponenten kunnen worden opgenomen – een ongewenste continue fasedraaiing van de meetwaarden, welke moet worden gecompenseerd (Fringe-Stopping) vóór dat zij op bovengenoemde RC-leden kunnen worden geïntegreerd.

Dit bepaalt de onder c) genoemde taak voor de computer, welke er op neerkomt, dat een gemiddelde van ca. 60 omschakelcommando's per sec in een onregelmatig tijdspatroon door de computer moeten kunnen worden uitgegeven en vooruitberekend.

Voor de taak d) is het eens per 45 sec uitgeven van 20 vooruitberekende commando's voldoende.

Het totaal komt voor de computer neer op een aantal simultane acties, waarvan enkele sterk tijdgebonden zijn (tijdfout $\ll$ 1 msec) en andere minder (bijv. tijdfout $\ll$ 100 msec resp. $\ll$ 45 msec).

Een kleine procescontrol-computer met prioriteits-interruptiemogelijkheid voor 8 prioriteiten kan voor deze toepassing worden geprogrammeerd.

Adres NERG: Postbus 6108, 's-Gravenhage

Men wordt verzocht, alle correspondentie voor het NERG, d.w.z. voor het bestuur, de voorzitter, de secretaris, de penningmeester en de redactie van het tijdschrift, te adresseren: Postbus 6108, 's-Gravenhage.

LEDENMUTATIES

Nieuwe leden:

Ir. A. E. Ang, Huis te Landelaan 59, Rijswijk (Z.H.).
Ir. C. Kamminga, Timorstraat 16, Delft.

Voorgestelde leden:

A. Kegel, Poptahof Zuid 469, Delft.
J. J. M. Maas, Vr. Baertestraat 9, IJsselstein (Ut.).
Ir. K. Posthuma, M. ter Braaklaan 259, Delft.
M. Verduin, Sonseweg 25, Eindhoven.

Nieuwe adressen van leden:

Ir. K. K. Agarwal, c/o Bell Telephone Labs 3H-4, North-Andover (Mass.) 01845, U.S.A.
Ir. M. W. van Batenburg, c/o NATO SACLANT Research Centre, Viale San Bartolomeo 400, La Spezia, Italy.

Ir. C. Dullemond, Joh. de Kortstraat 3, Eersel (N.B.).
Ir. L. L. Kossakowski, Rue Breydell 26, Brussel 4, België.
Ir. S. Kukler, Vlaskamp 640, Den Haag.
Ir. J. Mandema, Zonnebloemlaan 12, Oegstgeest.
Ir. C. J. F. Ridders, Burgwal 3, Delft.
Ir. W. Versnel, Tarwelaan 105, Eindhoven/Vaartbroek.
Ir. M. Weeda, Berlagelaan 65, Hilversum.

Bedankt als lid:

Ir. J. de Groot, Schoutstraat 27, Geldrop.

Dit nummer werd gedrukt 21 april 1967.